

# **Utilisation de la DG-FDTD pour un calcul de dosimétrie dans un problème fortement multiéchelle : détermination du DAS œil pour une personne située à proximité d'une source HF/VHF embarquée sur un véhicule**

Zakaria GUELILIA, Renaud LOISON et Raphaël GILLARD  
*Université Européenne de Bretagne, France*  
*INSA, IETR, UMR 6164, F-35708 Rennes*

Alexandre LAISNE  
DGA Techniques aéronautiques  
47 rue Saint Jean, BP 93123, 31131 Balma Cedex

L'estimation de l'exposition aux rayonnements électromagnétiques a récemment vu son intérêt grandir avec le développement et la présence au quotidien des objets de communication. Pour qu'une technologie soit acceptable, elle doit satisfaire à la loi européenne et au décret français, dont les niveaux d'exposition autorisés sont issus des recommandations de l'ICNIRP [1]. Afin de respecter ces normes, les laboratoires scientifiques mènent plusieurs recherches dans le domaine de la dosimétrie numérique.

La dosimétrie numérique est une approche essentielle pour l'évaluation de l'exposition des personnes aux rayonnements électromagnétiques. Dans ce contexte, la méthode rigoureuse de simulation électromagnétique la plus utilisée est probablement la FDTD (Finite Difference Time Domain). Cette méthode est particulièrement bien adaptée à la modélisation d'objets tridimensionnels et hétérogènes tels que le corps humain. Cependant, les ressources informatiques nécessaires augmentent rapidement avec la taille du scénario traité. Le maillage de la FDTD standard étant uniforme, cet aspect devient encore plus problématique quand l'objectif est de calculer le DAS (Débit d'Absorption Spécifique) dans une zone très localisée du corps telle que l'œil. En effet, une description précise de l'œil est nécessaire et entraîne un sur-échantillonnage spatial de l'ensemble du volume de calcul, même dans les zones où la description pourrait être très relâchée. Ces problèmes multiéchelles requièrent des approches permettant de varier le maillage en fonction des besoins de précision.

Pour résoudre ces problèmes, plusieurs solutions ont été développées avec en particulier les méthodes de sous-maillage en FDTD. Cette approche consiste à affiner la résolution pour la description de zones particulières dans un volume unique de calcul. Bien que cette approche réduise le temps de simulation et l'utilisation de ressources informatiques, elle présente certains inconvénients tels que les instabilités [2] ou les réflexions parasites aux interfaces entre les grilles. Une approche alternative permettant de contourner ces inconvénients a été proposée ces dernières années par l'IETR [3,4]. Baptisée DG-FDTD (Dual Grid FDTD), l'approche permet de décomposer un calcul électromagnétique en plusieurs simulations FDTD exécutées séquentiellement et avec des résolutions adaptées.

L'objet de notre étude est de calculer le DAS dans un œil d'un corps humain entier situé à proximité d'une source HF/VHF (de 1 à 100 MHz) embarquée sur un véhicule. Pour ces longueurs d'onde, le véhicule et le personnel se trouvent dans la zone de champ proche de l'aérien, et sont illuminés de façon globale, ce qui

nécessite un maillage de l'ensemble des éléments dans un même volume de calcul. L'œil ayant des dimensions très petites comparées au reste du corps et encore plus petites comparées à l'environnement complet, nous devons opter pour une approche multiéchelle ou multigrille afin de réduire significativement les ressources informatiques nécessaires. Pour cela nous exploitons la méthode DG-FDTD.

La méthode DG-FDTD consiste à décomposer un calcul FDTD en plusieurs étapes simulées séquentiellement. Chaque étape met en jeu un volume FDTD avec sa résolution propre. Dans notre cas, la simulation du problème se décompose comme suit :

1. Simulation grossière (maillage le plus relâché possible) de l'intégralité de la scène : véhicule, émetteur et modèle de corps humain homogène. Une surface de prélèvement de champ est définie autour du modèle de corps humain.
2. Le champ prélevé dans l'étape 1 est utilisé pour exciter un volume FDTD maillé plus finement et décrivant le modèle de corps humain (modèle HUGO homogène maillé à 8 mm). L'excitation est effectuée à l'aide d'une surface d'injection de champ « inside » de type champ total / champ diffracté. Une surface de prélèvement est définie autour de l'œil du modèle de corps.
3. La troisième et dernière étape vise à décrire finement l'œil (typiquement 2 ou 4 mm) afin de calculer précisément le DAS œil. Pour ce faire, un volume limité à l'œil et aux tissus proches est excité via le champ prélevé dans l'étape précédente. Le DAS moyen dans l'œil est alors calculé de manière classique.

La première partie de l'étude vise à valider l'utilisation de la DG-FDTD dans un tel contexte. Pour cela, un problème test pouvant être simulé intégralement avec la FDTD classique est considéré. Dans ce scénario de taille « raisonnable », le modèle de corps humain en espace libre est éclairé par une onde plane dans la bande 1 à 100 MHz. La disponibilité d'une simulation FDTD fine de référence permet de valider l'approche DG-FDTD pour traiter ce genre de problème.

Après cette étape de validation, la DG-FDTD est utilisée pour traiter le problème visé dans son intégralité : véhicule avec antenne d'émission et modèle de corps humain. Cette analyse montre les potentialités offertes par la DG-FDTD pour traiter efficacement des problèmes de dosimétrie fortement multiéchelles.

Références :

- [1] « Site internet de l'ICNIRP : <http://www.icnirp.de/documents/emfgdl.pdf> ».
- [2] R. A. Chilton and R. Lee, "Explicit 3D FDTD subgridding with provable stability and conservative properties," in IEEE AP-S International Antennas and Propagation Symposium, Honolulu, HI, June 2007, pp. 3069–3072.
- [3] R. Pascaud, R. Gillard, R. Loison, J. Wiert et M. F. Wong, « Dual-grid finité difference time-domain scheme for the fast simulation of surrounded antennas ». IET Microwave Antennas and Propagation, vol. 1, no 3, pages 700–706, Juin 2007.
- [4] C. Miry, R. Loison and R. Gillard, " An Efficient Bilateral Dual-Grid-FDTD Approach Applied to On-Body Transmission Analysis and Specific Absorption Rate Computation ", IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, Vol. 58, No. 9, 2010, pp. 2375-2382.